

Messung des Temperaturprofils im Bodenwasser.

Durch Messungen der Temperatur in der Nähe einer aktiven hydrothermalen Quelle über eine vertikale Distanz von ca. 2m über dem Meeresboden können Änderungen der Produktion eines Black Smokers detektiert werden.

Temperatur-Lanze.

Für Temperaturmessungen mit dem ROV wird eine Lanze gebaut werden, die der Greifarm des ROV zu gezielten Punktmessungen in der Wassersäule aber auch zur Messung von Temperaturprofilen im Sediment einsetzen kann.

Für die Messungen in der Wassersäule werden existierende kleine Speicher-CTDs ("Conductivity, Temperature, Depth" = Leitfähigkeit, Temperatur, Tiefe) eingesetzt. Zusätzlich zu all diesen Systemen müssen Einrichtungen geschaffen werden, mit de-

nen die verschiedenen Temperatursensoren getestet und kalibriert werden können. Ein erster Einsatz eines Teiles der vorgestellten Geräte soll bei einer Expedition mit Forschungsschiff „METEOR“ zum Logatchev-Hydrothermalfeld im Jahre 2005 erfolgen.

Heinrich Villinger

(Fachgebiet Meerestechnik/Sensorik, Fachbereich Geowissenschaften, Universität Bremen, Postfach 330 440, D-28334 Bremen, vill@uni-bremen.de)

Literatur

Humphris, S.E., Zierenberg, R.A., Mullineaux, L.S. and R.E. Thomson (Eds), Seafloor hydrothermal systems. Geophysical Monograph 91, American Geophysical Union, Washington, 1995.

Hydrothermalismus in der Tjörnes Bruchzone, nördlich von Island

Einleitung

Island ist eine der vulkanisch aktivsten Zonen der Erde. Das liegt daran, dass Island im Kreuzungsbe- reich des Mittelatlantischen Rückens mit einem Hotspot, einer lokalen Aufschmelzung im Erdman- tel, liegt. Während südlich von Island der Mittelat- lantische Rücken über den sog. Reykjanes Ridge kontinuierlich in die vulkanische Zone Islands übergeht, ist die Verbindung zum nördlich gelege- nen Kolbeinsey Rücken diskontinuierlich. Der Mittelatlantische Rücken wird dort um ca. 75 km nach Westen versetzt. Dieser Bereich wird als Tjör- nes Bruchzone bezeichnet, die eine schiefwinklige Dehnungszone darstellt (Abb. 1).

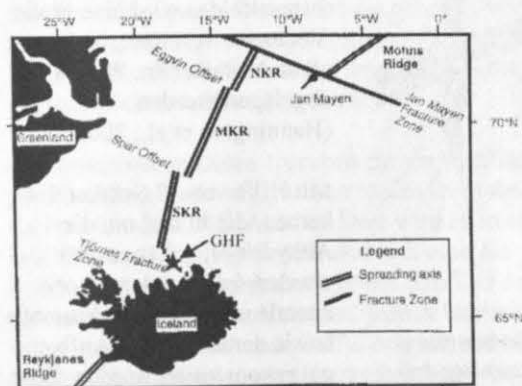


Abb. 1: Die Lage der Tjörnes Bruchzone und des Grimsey Hydrothermalfeldes im Übergangsbereich von Island zum südlichen Kolbeinsey Rücken (SKR).

Die Tjörnes Bruchzone ist durch aktiven Hydro- thermalismus gekennzeichnet. Gasblasen, die 1974 von Fischern in der Nähe der Insel Kolbeinsey entdeckt wurden sowie hydrothermale Präzipitate in Fischernetzen waren erste Anzeichen dafür, jedoch blieben die Ausdehnung und Natur hydrothermal- er Quellen lange unbekannt. Erst in den 1990er Jahren konnten hydrothermale Austrittsstellen durch inten- sive Untersuchungen u.a. mit dem deutschen For- schungsschiff Poseidon (PO-229, 1997, PO-253, 1999 und POS-291, 2002; Devey, 2003; Scholten et

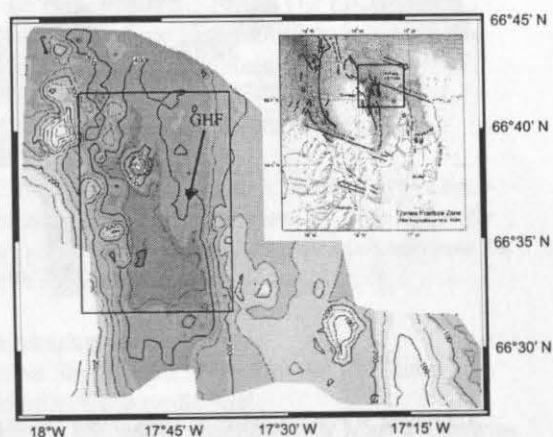


Abb. 2: Bathymetrische Karte des kartierten Bereiches der Tjörnes Bruchzone. GHF: Grimsey Hydrothermalfeld. Der Kasten markiert den Ausschnitt für Abb. 3. Kleine Karte: Lage des Ausschnittes innerhalb der TFZ.

al., 2000; Stoffers et al., 1997)) lokalisiert, kartiert und beprobt werden. Dies gilt insbesondere für das Grimsey Hydrothermalfeld, dass sich am Ostrand einer Grabenzone im Bereich der Tjörnes Bruchzone befindet (Abb. 1). Freiburger Wissenschaftler waren an den genannten Expeditionen maßgeblich beteiligt. An der TU Bergakademie Freiberg werden im Rahmen laufender Forschungsvorhaben vor allem die Mineralogie, Geochemie und Isotopengeochemie der hydrothermalen Präzipitate (Sulfide, Sulfate und Silikate) bearbeitet, um Aussagen über deren Genese, die Herkunft der Metalle sowie die vorherrschenden Bildungsbedingungen treffen zu können.

Außerdem wurden der Bereich des Hydrothermalfeldes intensiv kartiert und der Untergrund der Region mittels seismischer Profile untersucht. Aus diesen Daten wurde ein 3d-Modell der Hauptstrukturen erstellt. Diese Arbeiten erfolgten in Kooperation mit dem Institut für Geophysik der Universität Hamburg (Dr. C. Riedel).

Ergebnisse

Struktureologie

In Abbildung 2 ist der Bereich der Tjörnes Bruchzone dargestellt, der mittels hydroakustischer Methoden kartiert wurde. Die gewonnenen bathymetrischen Daten wurden in ein digitales Geländemodell überführt, in die anschließend die seismischen Profile importiert wurden. Aus den Profilen konnte die 2d-Lage von Störungen interpretiert werden, die

mit Hilfe einer speziellen Software in deren räumliche Lage überführt wurden (Abb. 3). Das Auslesen von Raumlagedaten einzelner Störungsabschnitte ermöglicht nun die struktureologische Interpretation dieser Region der Tjörnes Bruchzone.

Die Bathymetrie zeigt die Ausbildung einer Grabenstruktur im kartierten Bereich, die als Grimsey Graben bezeichnet wird (Abb. 2). Im Grimsey Graben konnten nun Störungsflächen nachgewiesen werden, die bisher nur durch die Auswertung von Erdbeben vermuteten wurden (Rögnvaldsson et al., 1998). Steile Störungen charakterisieren den Graben an dessen Rändern, flacher einfallende Strukturen dessen zentralen Bereich. Dies weist auf einen variierenden Anteil von horizontaler und vertikaler Komponente entlang der Abschiebungen hin. Außerdem belegen unsere Arbeiten, dass die Position des Grimsey Hydrothermalfeldes störungskontrolliert ist.

Hydrothermale Präzipitate

Es wurden bisher drei hydrothermale Lokationen beprobt: südlich der Kolbeinsey-Insel (bei ca. $67^{\circ}05,5'N$ und $18^{\circ}43,0'W$) treten in ca. 100 m Wassertiefe bis zu $131^{\circ}C$ heiße Lösungen aus, östlich der Grimsey-Insel (bei ca. $66^{\circ}36,4'N$ und $17^{\circ}39,7'W$) wurden bis zu $250^{\circ}C$ heiße Lösungen gemessen (Grimsey HF) und in der Akureyri Bay wurden eine Reihe kleinerer Austritte am Rande eines 30 m hohen SiO_2 -Schornsteins beobachtet. Im Rahmen des laufenden Forschungsvorhabens wird vor allem das Grimsey Hydrothermalfeld bearbeitet, das eine Ausdehnung von mindestens 300 m x 1000 m besitzt und sich durch aktive und inaktive

Anhydritschornsteine und mehrere 10er m lange bis zu 5 m hohe Anhydrit-Hügel auszeichnet. Klare, an Metallen abgereicherte, bis zu $250^{\circ}C$ heiße Lösungen treten aus den aktiven Schornsteinen aus. Unterhalb des Grimsey Hydrothermalfeldes wird eine große Siedezone vermutet, in der vor allem Metalle (Zn, Pb, Cu) abgelagert werden (Hannington et al., 2001).

Mit Hilfe von 17 Schwerelotkernen, die in und um die Anhydrit-Hügel abgeteuft wurden, können deren horizontale und vertikale Ausmaße sowie deren interner Aufbau gut rekonstruiert werden. Eine gezielte Beprobung der austretenden heißen Lösungen und der damit assoziierten hydrothermalen Präzipitate war durch den Einsatz des be-

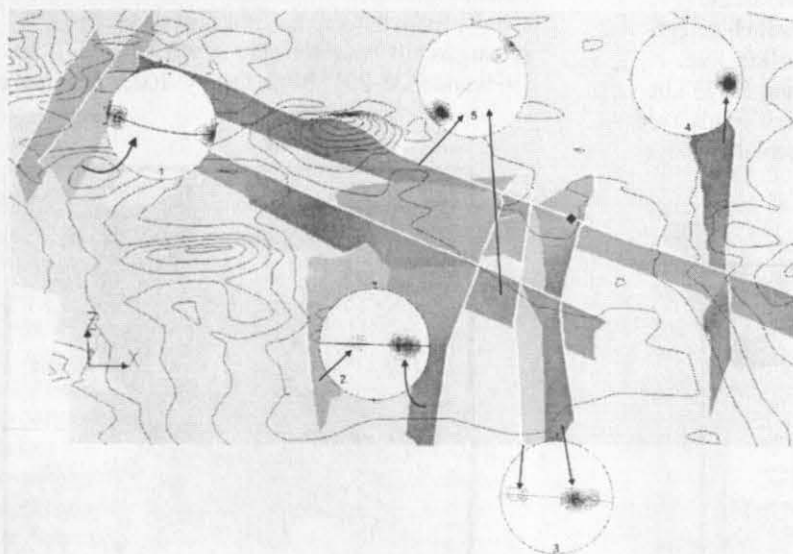


Abbildung 3: Perspektivisches 3d-Bild von Störungen im Grimsey Graben (für Kartenausschnitt & Maßstab vgl. Abb. 2) und die Auswertung der Raumlage der Störungen (im sog. Schmidtschen Netz). Die Isolinien geben die Meeressbodentopographie an, dessen Fläche hier transparent dargestellt ist. Die weißen Linien sind die Schnittlinien zwischen den Störungsflächen und dem Meeresboden. Schwarze Raute: Grimsey Hydrothermalfeld.

mannten Tauchbootes *Jago* möglich (Scholten et al., 2000).

Neben massiven Anhydrit (CaSO_4) treten weitere sulfatische (Baryt; BaSO_4), sulfidische (Pyrit/Markasit; FeS_2) und silikatische (Talk-ähnliche Phasen) hydrothermale Präzipitate auf. Die Sedimente aus dem Bereich der Anhydritthügel sind prinzipiell aus einer oberen Lage aus massivem Anhydrit, einer mittleren Lage aus hydrothermal alteriertem, verbackenem Ton mit netzartig-verteilten, Sulfid-führenden Gängchen und einer unteren Lage aus porösem, sandigem Talk u./o. aschereichem Sediment aufgebaut. Es wird vermutet, dass die unteren, porösen Lagen als Wegsamkeiten für heiße hydrothermale Lösungen gedient haben. In Kontakt mit ihnen wurden die darüber gelegenen Tone alteriert und ausgetrocknet. Entlang der entstehenden Schrumpfungsrissse konnten dann hydrothermale Lösungen zirkulieren und z.T. Sulfide ablagern.

An den Sulfiden wurden Messungen zur Schwefel- und Bleis isotopie sowie zur geochemischen Zusammensetzung (insbesondere auf Au, As und Hg) durchgeführt (Mau, 2001). Die Anhydrite und die hydrothermalen Lösungen wurden auf Schwefel- und Strontiumisotope sowie auf die geochemische Zusammensetzung untersucht (Kuhn et al., 2003). Die Talk-ähnlichen Phasen wurden mineralogisch-geochemisch detailliert bearbeitet.

Die gewonnenen Daten sprechen für ein weitflächiges Eindringen von Meerwasser in den Ozeanboden im Bereich des GHF (Abb. 4). Dort wird es so stark erhitzt, dass Anhydrit ausfällt und sich eine Anhydrit-reiche Stockwerkszone bildet. Ein Teil des gelösten Meerwassersulfats wird jedoch bakteriell reduziert. Das entstehende Sulfid reagiert mit gelöstem Fe^{2+} aus aufsteigenden, hydrothermalen Lösungen. In Abhängigkeit von der vorherrschenden Temperatur bildet sich entweder Pyrit oder Markasit. Die aufsteigenden Fluide sind an Buntmetallen und den meisten anderen Elementen (außer As, Hg, Ba und Mo) verarmt, da es während ihres

Characteristics of the vent sites:

$T_{\text{fluid}} = 250^\circ\text{C}$ which is the maximum possible temperature at this water depth due to boiling

Fluid inclusion temperatures in anhydrites are also around 250°C

$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_{\text{Anhydrit}} \sim ^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_{\text{fluid}} (\text{Mg-free}) = \text{ca. } 0.7063$

Partition coefficient (D_{Sr}) between hydrothermal fluid and anhydrite = ca. 0.67

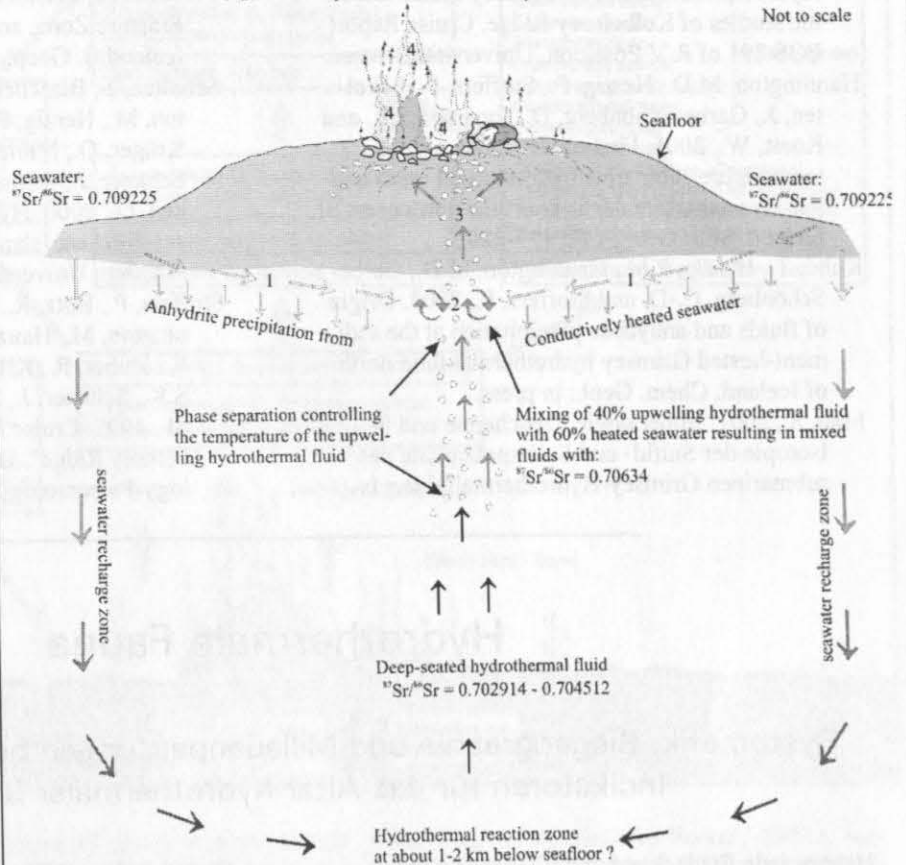


Abb. 4: Modell für die Zirkulation hydrothermalen Fluids und die Ausfällung von Anhydrit im/am Meeresboden im Bereich des Grimsey Hydrothermalfeldes (Kuhn et al., 2003).

Aufstieges zur Phasenseparation (Trennung von Gas- und Sole-reicher Phase) kommt. Hohe Gehalte an leichtflüchtigen Bestandteilen und geringe Cl^- -Konzentrationen der austretenden Fluide sprechen für die Gas-dominierte Phase. Die metallreiche „Solen“-dominierte Phase sollte demnach im Untergrund Metallsulfide ablagern.

Thomas Kuhn und Peter Herzig

(TU Bergakademie Freiberg, Lehrstuhl für Lagerstättenlehre und Petrologie und Leibniz-Labor für Angewandte Meeresforschung, Brennhausgasse 14, 09599 Freiberg)

Projektpartner

Institut für Geowissenschaften der Christian-Albrechts Universität, Kiel

GEOMAR Forschungszentrum für Marine Geowissenschaften, Kiel

Max-Planck-Institut für Verhaltensphysiologie, Seewiesen

Geological Survey of Canada, Ottawa, Canada

Institut für Geophysik, Universität Hamburg

Literatur

- Devey, C. and shipboard scientific party, 2003. Hydrothermal studies of Grimsey Field, volcanic studies of Kolbeinsey Ridge. Cruise Report POS 291 of R/V Poseidon, Universität Bremen.
- Hannington, M.D., Herzig, P., Stoffers, P., Scholten, J., Garbe-Schönberg, D., Jonasson, I.R. and Roest, W., 2001. First observations of high-temperature submarine hydrothermal vents and massive anhydrite deposits off the north coast of Iceland. *Mar. Geol.*, 177: 199-220.
- Kuhn, T., Herzig, P.M., Hannington, M.D., Garbe-Schönberg, C.-D. and Stoffers, P., 2003. Origin of fluids and anhydrite precipitation at the sediment-hosted Grimsey hydrothermal field north of Iceland. *Chem. Geol.*: in press.
- Mau, S., 2001. Mineralogie, Geochemie und S-Isotopie der Sulfid- und Sulfatpräzipitate des submarinen Grimsey-Hydrothermalfeldes, Island. Diploma thesis, TU Bergakademie Freiberg, 160 pp.
- Rögnvaldsson, S., Gudmundsson, A. and Slunga, R., 1998. Seismotectonic analysis of the Tjörnes Fracture Zone, an active transform fault in north Iceland. *J. Geophys. Res.*, 103: 30117-30129.
- Scholten, J., Blaschek, H., Becker, K.-P., Hannington, M., Herzig, P., Hißmann, K., Jonasson, I., Krüger, O., Marteinsson, V., Preißler, H., Schauer, J., Schmidt, M., Solveig, P. and Theißen, O., 2000. Hydrothermalismus am Kolbeinsey-Rücken, Island, Institut für Geowissenschaften, Universität, Kiel.
- Stoffers, P., Botz, R., Garbe-Schönberg, D., Hannington, M., Hauzel, B., Herzig, P., Hissmann, K., Huber, R., Kristjansson, J.K., Petursdottir, S.K., Schauer, J., Schmitt, M. and Zimmerer, M., 1997. Cruise Report Poseidon 229 "Kolbeinsey Ridge". Dept. of Geophysics and Geology-Paleontology.

Hydrothermale Fauna

Systematik, Biogeographie und Milieuanpassungen bei Gastropoden als Indikatoren für das Alter hydrothermaler Systeme

Nahezu jede Entdeckung und biologische Beprobung eines neuen hydrothermalen Systems hat bisher neue Tierarten erbracht. Weit über 500 neue Arten wurden bisher beschrieben, die häufig durch morphologisch-anatomische und physiologische Besonderheiten, ihr z.T. evolutionsbiologisch vermutlich hohes Alter („lebende Fossilien“) oder durch ihre hohe Spezialisierung für wissenschaftliche Überraschungen gesorgt haben (Van Dover 2000). An diesem Forschungsprozess hat sich unsere Arbeitsgruppe seit 1990 im wesentlichen durch die taxonomische, phylogenetische und funktionsmorphologische Bearbeitung von Faunenelementen (v.a. Gastropoden) aus dem Westpazifik (Manus-Becken), SW-Pazifik (Nordfiji- und Lau-Becken) und vom Ostpazifischen Rücken (21° S) beteiligt. Insbesondere die umfangreichen Aufsammlungen von OLGA II (ca. 21 t aktive „Black smoker“ mit anhaftender Fauna vom „Wienerwald“, Manus-Becken, -2500m), von den französisch-japanischen Expeditionen STARMER und BIOLAU (mehr als 1000 Gastropoden-Exemplare) und OLGA I („Black smoker“ + anhaftende Fauna) standen im Zentrum der Auswertungen. Teilaufsammlungen u.a. vom Okinawa-Graben (JAMSTEC), Marianengraben, vom Edison-Seamount (SONNE 1994), vom Nord-Fiji-Becken (HYFIFLUX) und vor Peru (NAUTIPERC) kamen hinzu.

Systematik und Biogeographie

Grundlage aller biologischer Auswertungen ist die sichere Identifikation der Tiere und, wenn notwendig, ihre taxonomische Bearbeitung. Hierzu wurden von uns Bestimmungshilfen und mittlerweile 23 Neubeschreibungen von Gastropodenarten erstellt und weitere sind in Arbeit (z.B. Beck 1991, 1996, 2003 im Druck). Die dabei gewonnenen morphologischen und anatomischen Daten, sowie die zahlreichen Biotopaufnahmen und Videofilme konnten zu weiteren Untersuchungen zur Phylogenie, Ernährungsökologie, Räuber-Beute-Beziehungen, Reproduktion oder bakterieller Symbiosen herangezogen werden.

Um Aussagen zum Alter hydrothermaler Systeme zu machen, können Stammbaumrekonstruktionen (klastische Analysen) mit morphologischen und/oder molekulargenetischen Methoden (Sobjinski 2002, Schwarzpaul 2003) durchgeführt werden. Sie helfen, das evolutionsbiologische Alter bestimmter Gastropodengruppen zu ermitteln. Der Extrembiotop wirkt hierbei stabilisierend selektiv. Damit kann, in Korrelation mit geologischen Daten, eine Hypothese zum Entstehungszeitraum hydrothermaler Region entworfen werden. So ergab z.B. die Analyse der Napfschneckenfamilie Lepetodrilidae,